

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10232284 A**

(43) Date of publication of application: **02.09.98**

(51) Int. Cl **G01T 1/20**

(21) Application number: **09035369**

(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(22) Date of filing: **19.02.97**

(72) Inventor: **MAEKAWA TATSUYUKI**

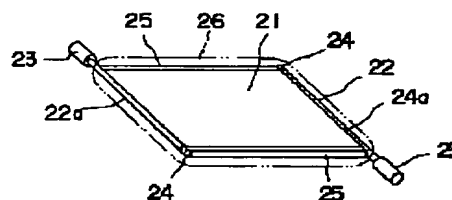
(54) **WAVELENGTH SHIFT TYPE RADIATION  
SENSOR AND RADIATION DETECTOR**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately detect particularly a  $\beta$ -ray by reducing thickness, size and position dependence and improving sensitivity.

SOLUTION: A plurality of shift fibers 2 are disposed symmetrically along a peripheral edge of a scintillator 21. A photodetector 23 is mounted at a lengthwise direction end face of each fiber 22, and a reflector 24 for returning the light into the fiber is provided at the other end face. Reflectors 22a, 25 for reflecting lights toward inward of the scintillator are provided on an outer surface of the fiber 22 in non-contact with the paired scintillators and an outer surface of a peripheral edge of the scintillator provided with no fiber. Substance having smaller refractive index than that of the scintillator is disposed on a flat surface of the scintillator, and its outside of the surface is covered with a reflecting and shielding material for reflecting the light output from the scintillator inward the scintillator and shielding the light from an exterior.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-232284

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月2日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 1 T 1/20

識別記号

F I  
G 0 1 T 1/20

C

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平9-35369

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月19日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 前川 立行

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

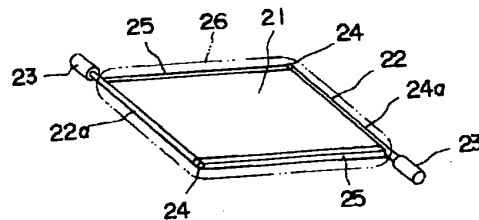
(74) 代理人 弁理士 波多野 久 (外1名)

(54) 【発明の名称】 波長シフト型放射線センサおよび放射線検出装置

(57) 【要約】

【課題】 薄型化、小型化可能、感度向上、位置依存性低減等により、特にβ線を高精度で検出する。

【解決手段】 波長シフトファイバ22をシンチレータ21の周縁部に沿って対称的に配置される複数のもので構成する。各波長シフトファイバ22の長さ方向一端面に光検出器23を装着するとともに他端面に光をその波長シフトファイバ内に戻すための反射体24を設ける。波長シフトファイバ22の対シンチレータ非接触の外側面と、波長シフトファイバの配備されないシンチレータ周縁の外表面とに、シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体22a, 25を設ける。シンチレータの平坦な面に、屈折率がシンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記波長シフトファイバを前記シンチレータの周縁部に沿って対称的に配置される複数のもので構成し、その各波長シフトファイバの長さ方向一端面に光検出器を装着するとともに他端面に光をその波長シフトファイバ内に戻すための反射体を設け、かつ前記波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面と、前記波長シフトファイバの配備されないシンチレータ周縁の外表面とに、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項2】 平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記波長シフトファイバは2本以上としてそれらにより前記シンチレータの全周縁全体を包囲するものとし、その各波長シフトファイバの長さ方向一端面に光検出器を装着するとともに他端面に光をその波長シフトファイバ内に戻すための反射体を設け、かつ前記波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面に、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項3】 平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記波長シフトファイバを1本として、それにより前記シンチレータの周縁全体を包囲するものとし、その波長シフトファイバの長さ方向両端面に光検出器を装着し、かつ前記波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面に、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シ

ンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項4】 平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記波長シフトファイバは2本として、前記シンチレータの周縁の対向する部分に配置し、その各波長シフトファイバの長さ方向両端面に光検出器を装着し、かつ前記波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面と、前記波長シフトファイバの配備されないシンチレータ周縁の外表面とに、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項5】 平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記シンチレータを多角形とし、その各縁辺毎に前記波長シフトファイバをそれぞれ配置し、その各波長シフトファイバの長さ方向一端面にそれぞれ光検出器を装着するとともに他端面に光をその波長シフトファイバ内に戻すための反射体をそれぞれ設け、かつ前記各波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面に、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項6】 請求項1から5までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフトファイバと光検出器とは、透明な光ファイバ、ライトガイド、またはライトパイプからなる光伝送用の手段によって接

続し、かつ前記光検出器は前記波長シフトファイバからの光信号を個々に受ける独立した構成、または一括して受ける共通な構成としたことを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項7】 請求項1、4または5記載の波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフトファイバに代えて、前記波長シフトファイバと同等の蛍光機能を有する角柱状または円柱状の透明樹脂あるいはガラスからなる波長シフトバーを備えたことを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項8】 請求項5記載の波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフトファイバに代えて、前記波長シフトファイバと同等の蛍光機能を有する角柱状または円柱状の透明樹脂あるいはガラスからなる波長シフトバーを備え、かつ2以上の前記波長シフトバーからの光を合流させて光検出器に導く構成としたことを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項9】 請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを用いた放射線検出装置であって、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出された場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別する識別手段を備えたことを特徴とする放射線検出装置。

【請求項10】 請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを用いた放射線検出装置であって、各光検出器の出力信号のパルス波高値としきい値となる参照電圧値とを比較する比較手段と、しきい値以下の信号はノイズとみなし、しきい値を超える信号は放射線検出信号として識別する識別手段を備えたことを特徴とする放射線検出装置。

【請求項11】 請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを上下2層に密着させ、これら上下のセンサから出力される独立した信号の有無の組み合わせにより、入射した放射線の種類をその飛程の長短に基づいて識別する手段を有することを特徴とする放射線検出装置。

【請求項12】 請求項1、2、4、5、6、7または8に記載の波長シフト型放射線センサを上下2層に密着させ、これらの各センサを構成する複数の波長シフトファイバの一部は上下2層のシンチレータいずれからの光も受光して蛍光変換できるように各シンチレータと接触する構成とし、この共通な波長シフトファイバからの検出信号と、上下の各センサから出力される独立した信号との有無の組み合わせにより、入射した放射線の種類をその飛程の長短に基づいて識別する手段を有することを特徴とする放射線検出装置。

【請求項13】 請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを用いた放射線検出装置であって、シンチレータの放射線入射面側の表面に、荷電粒子との反応によって発光する層を光学的に密着させて

形成し、光検出器からの出力信号を増幅する増幅手段と、増幅した信号を一定のしきい値を超える間だけ出力する比較手段と、この比較手段からの出力信号とその信号の遅延回路による遅延出力信号との同時性弁別により全放射線の計数値および放射線の種類毎の計数値を調べる手段を備えたことを特徴とする放射線検出装置。

【請求項14】 請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフトファイバまたは波長シフトバーのシンチレータへの非接触面に、反射体に代えて他の平板状のシンチレータの周縁部を密着させたことを特徴とする波長シフト型放射線センサ。

【請求項15】 請求項14記載の波長シフト型放射線検出センサを用いた放射線検出装置であって、複数の光検出信号の内、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別する識別手段を備えたことを特徴とする放射線検出装置。

【請求項16】 請求項14記載の波長シフト型放射線検出センサを用いた放射線検出装置であって、複数の光検出信号の内、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別するとともに、信号検出された波長シフトファイバの組み合わせにより、放射線が入射したシンチレータを識別する機能を有することを特徴とする放射線検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は原子力関連施設等において例えば表面汚染用として適用される放射線検出技術に係り、特に発光現象を利用して放射線を検出する波長シフト型放射線センサおよびそのセンサを用いた放射線検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来この種の放射線検出装置としては種々の構成のものが知られており、特に飛程の大きい $\beta$ 線の検出装置としては、プラスチック製の大面積のシンチレータを用いる場合が多い。

【0003】 図36～図40は、このような大面積 $\beta$ 線検出センサの各種従来例を示しており、原子力関連施設における表面汚染検査用として多く用いられているものである。

【0004】 図36に示した放射線センサは箱形のもので、集光箱1の1つの面(図の上面)が集光面、他の5つの内面がすべて光を反射するように処置した反射面とされている。この集光箱1の上蓋部分を薄いプラスチックシンチレータ2で構成しており、プラスチックシンチレータ2の上部(集光箱内面に対して外側)は、 $\beta$ 線が透過可能で、かつ内側へ光を反射することのできる図示

しないシートで覆われている。

【0005】そして、 $\beta$ 線の入射によりシンチレータ2内に発生した光が集光箱1の内部で反射しながら充填し、集光箱1内部に据え付けられた光検出器3により検出される。

【0006】また、図37に示したものは、ガスフロー型センサで構成した大面積 $\beta$ 線用検出装置である。この装置は $\beta$ 線がガス中を作るイオン対を収集する一般的な比例計数管の1つである。この場合は箱型の容器4の上面を、 $\beta$ 線入射が可能でかつガスを封入保持可能なシートで構成した入光窓5とし、ガスパイプ6を介してゆっくりと電離用ガスを容器4内に流し続けるものである。

【0007】また、図38および39に示したものは、シンチレーションカロリメータで用いられている放射線センサである。図38の例では、平板状のプラスチック製シンチレータ2の平坦部に、波長シフトファイバ7を渦巻状に密着させ、その波長シフトファイバ7の長さ方向一端面に伝送用光ファイバ8を接続し、図示しない光検出器まで信号伝送するようになっている。即ち、シンチレータ2で発生するシンチレーション光が波長シフトファイバ7に遭遇して蛍光変換され、この蛍光パルスを透明な伝送用ファイバ8で伝送するものである。

【0008】さらに、図39に示したセンサも同様の機能を有しており、四角形板状のプラスチック製のシンチレータ2の外周縁に蛍光体を含んだ1対のL字形の樹脂製の角柱ライトガイド（以下、波長シフトバーと称する）9を配置し、この各波長シフトバー9が出会う角部分を、さらに第2の波長シフトバー10を介して光検出器11に接続している。シンチレータ2に接している第1の波長シフトバー9はシンチレーション波長により励起されて蛍光を放出するものであるが、第2の波長シフトバー10は第1の波長シフトバー9が放出した蛍光により励起され、さらに長い波長の光を放出するものである。

【0009】なお、図38、39に示したいずれのセンサも、図40に示すように、鉛板12等とシンチレータ2とが交互に多層に積み重ねられて使用されることを想定している。

【0010】そして、これらのセンサでは、GeVオーダーの荷電粒子の入射の結果、電子（ $\beta$ 線）と $\gamma$ 線とのカスケードシャワーが発生し、多層構造のシンチレータ2の中をこのシャワーが透過していく。従って、一度に多量に発生する電子により、各層のシンチレータ2が発光するようになっているものであり、集光量が多少低くとも十分実用になるものであった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、原子力関連施設等の表面汚染検査では、広い範囲の汚染を一時に測定したり、測定対象物の周囲を包囲するようにセンサを多数配置したり、あるいはこれらのセンサを駆動機構で

動かしたりする必要がある。このため、センサ自体の薄型化、小型軽量化が重要な課題となっている。

【0012】図36、37に示したセンサは現在実用化されており、図38、39に示したのもも分野は異なるが、電子線の検出に使用されている。これらについて上記目的に照らし、適用の際に解決すべき課題を述べると以下の通りである。

【0013】図36のセンサでは、まず集光量を確保するためには光検出器3の受感部面積を大きくとることが必要である。したがって、実用的な性能を得るためには直径2インチ程度の光電子増倍管等を用いる必要がある。このため必然的に集光箱1の深さが大きくなり、全体が大型化すると共に重量面でも増大する。また、大型の光電子増倍管を用いるほど受光確率は高まるが、光電面が大きいことに起因して暗電流雑音も大きくなるといった相反する条件も存在した。

【0014】このため、この方式では現状以上の薄型化、小型化は困難であった。また受感面から離れた位置での検出感度が低く、均一な感度を実現するのが困難であった。

【0015】図37のセンサも表面汚染検査装置で使うことがある。このタイプのセンサは感度も高く、薄く製作することも可能であるが、薄膜でガスを封じることから構造的に脆弱であり、またガスを流すためのガスパイプ6や図示しないガスポンプ等を備える必要から、広い設置スペースが必要であり、動きのある部分に適用するためには複雑な構造を必要とし、さらには保守性が悪いという大きな欠点があった。

【0016】図38、39に示したものは、先の2つの例とは分野が異なり、高エネルギー物理学実験におけるシンチレーションカロリメータである。先の汚染検査装置は通常の $\beta$ 線検出器として微弱な放射性核種から放出される $\beta$ 線のひとつひとつを計数していくものであったが、このカロリメータは電子と $\gamma$ 線とのカスケードシャワーの浸透、透過状態を調べるものであり、同時に数多くの電子（ $\beta$ 線）がバースト状に発生したものを検出することを目的として設計されている。このため、発生する光量が桁違いに大きく、検出面での感度の位置依存性や $\beta$ 線1個の計数漏れなどはあまり問題にされず、それよりも多層化する場合の構造的な観点からの検討が加えられてきた。

【0017】図38のセンサでは、シンチレータ2の外表面が空気層に接しているため、発生した光の半分以上はシンチレータ2の内部に捕獲される。このため、シンチレータ2の表面に渦巻き状に配置した波長シフトファイバ7に光子が遭遇する確率はシンチレータの面積に対して接触面積相当でしかないため極めて低く、従って集光効率が低い。

【0018】また、図39のセンサではシンチレータ2の内部に捕獲されて外周縁に到達した光を波長シフトバ

7  
ー9で蛍光変換しているため、ここまでの効率が良いが、さらに第2の波長シフトバー10を導入して光の伝送方向を変えているため、蛍光変換効率と伝送効率とが自乗される。このため、元来微弱な光がさらに減弱し、結果的には極めて低い集光量しか得られない。したがって、実際には図40に示すように、積層体系で使用する  
ことになるが、この場合に2の波長シフトバー10の配置が交差状であるため多層化の際に問題となる。実用化のためには第2の波長シフトバー10をファイバ化することが考えられるが、この結果さらに集光量が低下する  
ことになる。 10

【0019】以上のように、従来のセンサを通常のβ線検出器として使用する場合には集光量が不足するため、検査装置として必要な感度が得られない。また、光学的な対称性が考慮されておらず、このため集光量が不足し、発光位置によっては光の検出が不能となる。このように、面全体に対して一様な集光効率が達成できないため、特にβ線の検出感度の位置依存性が大きくなってしまいうという問題があった。

【0020】本発明は以上の問題点を鑑みてなされたものであり、蛍光変換による集光技術を応用し、薄型化、小型化が可能で、かつ光学的な対称性等を考慮した配置設計によって従来以上の感度が得られ、しかも位置依存性が小さく、特にβ線検出用としての実用化が有効的に図れる波長シフト型放射線センサおよび放射線検出装置を提供するものである。

【0021】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために、請求項1の発明では、平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記波長シフトファイバを前記シンチレータの周縁部に沿って対称的に配置される複数のもので構成し、その各波長シフトファイバの長さ方向一端面に光検出器を装着するとともに他端面に光をその波長シフトファイバ内に戻すための反射体を設け、かつ前記波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面と、前記波長シフトファイバの配備されないシンチレータ周縁の外表面とに、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0022】本発明において、シンチレータ内で発生し 50

た光の半分以上は、シンチレータと空気との屈折率の違いにより全反射モードでシンチレータ内に捕獲される。捕獲されたシンチレーション光は側面まで伝搬するため、側面で高密度のシンチレーション光が得られる。この側面の一部に1本あるいは複数本束ねた波長シフトファイバを2組配置しておき、ここにシンチレーション光が照射されると、その結果波長シフトファイバの内部で蛍光変換が生じ、その蛍光は波長シフトファイバの中を全反射モードで捕獲され、ファイバ端面まで到達する。

【0023】シンチレータの辺のなかで波長シフトファイバを装着していない辺については反射体を設けておくことで、シンチレータ内部に光を反射し波長シフトファイバに遭遇する確率を高める。また光検出器の接続されていない波長シフトファイバ端面に装着される反射体は、光検出器に接続された片端に光を反射することで集光量を増大させる働きを持つ。波長シフトファイバのシンチレータに接していない部分に装着する反射体は、波長シフトファイバで吸収、蛍光変換されずに透過してしまったシンチレーション光を再度波長シフトファイバ側に反射することで蛍光変換効率を高める働きを持つ。

【0024】また、シンチレータ表面を覆う反射・遮光材料は外部から侵入する光を遮断するとともに放射線の入射窓ともなり、さらにシンチレータ内で全反射されずに空气中に放射された光に対しても、シンチレータ側に反射することで波長シフトファイバに遭遇する確率を高める働きをもつ。

【0025】請求項2の発明では、平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記波長シフトファイバは2本以上としてそれらにより前記シンチレータの全周縁全体を包囲するものとし、その各波長シフトファイバの長さ方向一端面に光検出器を装着するとともに他端面に光をその波長シフトファイバ内に戻すための反射体を設け、かつ前記波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面に、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0026】本発明では、例えば平板状シンチレータの側面全周を包囲するように、2本以上の波長シフトファイバを用い、各ファイバの全てあるいは一部分を光学的に密着させて配備する。そして、各波長シフトファイバ

の1端面には光検出器を装着し、残る片端面には光を波長シフトファイバ内に戻すための反射体を設け、波長シフトファイバのシンチレータ側面に密着していない外側にはシンチレータ内側方向に向かって光を反射する反射体を設け、さらにシンチレータの上下面(広い面)には、屈折率がシンチレータに比べて小さい物質を配備する。さらに、その外側ではシンチレータから出た光をシンチレータ側に反射するとともに、外部からの光を遮ることのできる反射・遮光材料で覆う。

【0027】本発明は、1本ずつあるいは複数本ずつ束ねた2組の波長シフトファイバを使用するものであり、請求項1と異なり、平板状シンチレータの全側面に先の2組の波長シフトファイバが接するようにし、波長シフトされていない側面がないようにした構成である。その作用および機能については請求項1に準じる。

【0028】請求項3の発明では、平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記波長シフトファイバを1本として、それにより前記シンチレータの周縁全体を包囲するものとし、その波長シフトファイバの長さ方向両端面に光検出器を装着し、かつ前記波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面に、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0029】本発明では、平板状シンチレータの側面全周を包囲するように、1本以上からなる一組の波長シフトファイバのすべてあるいは一部分を光学的に密着して配備し、波長シフトファイバの両端面には光検出器を装着する。波長シフトファイバのシンチレータ側面に密着していない外側にはシンチレータ内側方向に向かって光を反射する反射体を設け、さらにシンチレータの上下面(広い面)には、屈折率がシンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその外側をシンチレータから出た光をシンチレータ側に反射するとともに、外部からの光を遮ることのできる反射・遮光材料で覆う。

【0030】したがって、本発明は、1本あるいは複数本を束ねた1組の波長シフトファイバを使用するものであり、平板状シンチレータの全周に接するようにした構造である。このため、光検出器は1組の波長シフトファイバの両端にそれぞれ装着され、請求項1および2のような片端での反射処置は不要である。その他の作用およ

び機能については請求項1に準じる。

【0031】請求項4の発明では、平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記波長シフトファイバは2本として、前記シンチレータの周縁の対向部分に配置し、その各波長シフトファイバの長さ方向両端面に光検出器を装着し、かつ前記波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面と、前記波長シフトファイバの配備されないシンチレータ周縁の外表面とに、前記シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0032】即ち、平板状シンチレータの側面の一部分に、波長シフトファイバ2本以上を用い、各ファイバのそれぞれすべてあるいは一部分を光学的に密着させて配備し、各波長シフトファイバの両端面に光検出器を装着し、波長シフトファイバのシンチレータ側面に密着していない外側には、シンチレータ内側方向に向かって光を反射する反射体を設ける。さらに、シンチレータの上下面(広い面)には、屈折率がシンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその外側をシンチレータから出た光をシンチレータ側に反射するとともに、外部からの光を遮ることのできる反射・遮光材料で覆う。

【0033】本発明は、1本あるいは複数本を束ねた2組の波長シフトファイバを使用するものであり、請求項1と同様にシンチレータに対して波長シフトファイバを配置するが、2組の波長シフトファイバの両端にそれぞれ2つ、合計4個の光検出器を装着して使用する。ファイバ片端で反射作用を行う代わり、直接光を検出するものである。その他の作用および機能については請求項1に準じる。

【0034】請求項5の発明は、平板状のシンチレータと、このシンチレータの周縁部に少なくとも一部が光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバとを有する波長シフト型放射線センサにおいて、前記シンチレータを多角形とし、その各縁辺毎に前記波長シフトファイバをそれぞれ配置し、その各波長シフトファイバの長さ方向一端面にそれぞれ光検出器を装着するとともに他端面に光をその波長シフトファイバ内に戻すための反射体をそれぞれ設け、かつ前記各波長シフトファイバの対シンチレータ非接触の外側面に、前記シンチレータの内側方

に向かって光を反射する反射体を設ける一方、前記シンチレータの平坦な面に、屈折率が前記シンチレータに比べて小さい物質を配備し、さらにその面の外側に、前記シンチレータから出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料を被せ、この反射・遮光材料は前記シンチレータの少なくとも放射線入射側で測定対象の放射線が透過可能であることを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0035】即ち、平板状シンチレータの側面の一部分に、辺の数の整数倍に対応した本数の波長シフトファイバのそれぞれすべてあるいは一部分を光学的に密着させて配備し、各波長シフトファイバの片端面に光検出器を装着し、残る片端面には光を波長シフトファイバ内に戻すための反射体を設ける。波長シフトファイバのシンチレータ側面に密着していない外側には、シンチレータ内側方向に向かって光を反射する反射体を設け、さらにシンチレータの上下面（広い面）には、屈折率がシンチレータに比べて小さい物質を配備する。さらに、その外側をシンチレータから出た光をシンチレータ側に反射するとともに、外部からの光を遮ることのできる反射・遮光材料で覆う。

【0036】本発明は、1本あるいは複数本を束ねた4組の波長シフトファイバを使用するものであり、平板状シンチレータの全側面すべてに4組の波長シフトファイバと光検出器とを装着し、波長シフトファイバのそれぞれの片端には反射体を取り付けて光検出器への集光量を高めている。その他の作用および機能については請求項1に準じる。

【0037】請求項6の発明では、請求項1から5までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフトファイバと光検出器とは、透明な光ファイバ、ライトガイド、またはライトパイプからなる光伝送用の手段によって接続し、かつ前記光検出器は前記波長シフトファイバからの光信号を個々に受ける独立した構成、または一括して受ける共通な構成としたことを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0038】即ち、請求項1～5で述べたセンサにおいて、波長シフトファイバ端と光検出器との間に光伝送用の透明な光ファイバ、あるいはライトガイド、ライトパイプが介在しており、波長シフトファイバ端からの光信号が個々の独立したあるいは共通の光検出器に伝送される構造を付加している。

【0039】請求項1においては波長シフトファイバ端に直接光検出器を装着していたが、本発明ではその間に上記のような光伝送路となり得る部品を介在させ、光伝送するものである。その他の作用および機能については請求項1～5に準じる。

【0040】請求項7の発明では、請求項1、4または5記載の波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフ

トファイバに代えて、前記波長シフトファイバと同等の蛍光機能を有する角柱状または円柱状の透明樹脂あるいはガラスからなる波長シフトバーを備えたことを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0041】即ち、請求項1、4、5で述べたセンサにおいて、波長シフトファイバの代りとして、波長シフトファイバに含まれる蛍光体と同等の作用を持つ蛍光体を含有する角柱状、あるいは円柱状の樹脂やガラスでできた波長シフトバーを用いる。

【0042】本発明では、波長シフトファイバはコアに対して1つ以上のクラッド層を有するが、クラッド層を周囲の空気で代替させたクラッドなしのファイバを使用することができる。また蛍光体（波長シフト）を樹脂やガラスで固化し、ライトガイド、ライトパイプ状に加工した波長シフトバーを波長シフトファイバの代わりとして使用することができる。

【0043】請求項8の発明では、請求項5記載の波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフトファイバに代えて、前記波長シフトファイバと同等の蛍光機能を有する角柱状または円柱状の透明樹脂あるいはガラスからなる波長シフトバーを備え、かつ2以上の前記波長シフトバーからの光を合流させて光検出器に導く構成としたことを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0044】即ち、請求項5で述べたセンサにおいて、波長シフトファイバの代りとして、波長シフトファイバに含まれる蛍光体と同等の作用を持つ蛍光体を含有する角柱状、あるいは円柱状の樹脂やガラスでできた波長シフトバーを用い、さらに2つ以上の波長シフトバーからの光を合流させて光検出器に導く機能を有するライトガイドを備える。

【0045】本発明では、波長シフトファイバの代わりにクラッドなしのファイバあるいは波長シフトバーを使用することができる。ライトガイドは自由な形状に切削、研磨等の加工が可能であるため、2つの波長シフトバーからの光を共通の光検出器に導くようなライトガイドを装着する。あるいは波長シフトバーの端部自体を合流用ライトガイドの形状に加工しておくこともできる。

【0046】請求項9の発明では、請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを用いた放射線検出装置であって、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出された場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別する識別手段を備えたことを特徴とする放射線検出装置を提供する。

【0047】即ち、請求項1～8で述べたセンサにおいて、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別する装置を

50 合わせ持つ。



【0048】光検出器で観測される放射線によるパルス信号は極めて微弱であり、場合によっては光検出器のノイズと波高値と同程度のももある。本発明は、2系統の検出器の出力信号について、ノイズも含むシングルフォトン以上の信号全てを検出し、これらの同時計数を行う。2系統の光検出器のノイズは無相関、ランダムであるのに対し、シンチレーション光は検出器内で捕獲、拡散し2系統の波長シフトファイバにほぼ同時に到達し、2系統の光検出器で同時に検出されることになる。このため同時性が成立したものだけが放射線の入射による信号でそれ以外の信号は無相関信号、即ち検出器ノイズと判断することができる。光検出器を4個使用する場合にはいずれかの2つ、いずれかの3つ、いずれかの4つの同時計数をとることができる。これらの同時計数回路と組み合わせて使用する。

【0049】請求項10の発明では、請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを用いた放射線検出装置であって、各光検出器の出力信号のパルス波高値としきい値となる参照電圧値とを比較する比較手段と、しきい値以下の信号はノイズとみなし、しきい値を超える信号は放射線検出信号として識別する識別手段を備えたことを特徴とする放射線検出装置を提供する。

【0050】即ち、請求項1～8で述べたセンサにおいて、各光検出器の出力信号のパルス波高値としきい値となる参照電圧値とを比較し、しきい値以下の信号はノイズとみなし、しきい値を超える信号は放射線検出信号として識別する装置を合わせ持つ。

【0051】本発明では、各光検出器の出力パルス信号を必要なレベルまで電圧増幅した後、これに対して電圧比較回路等による参照電圧値をしきい値として比較する。そして、一定レベル以上の波高値を持つパルスは放射線による信号として計算し、レベルに満たない場合は光検出器および回路系統のノイズとして計数しない。

【0052】請求項11の発明は、請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを上下2層に密着させ、これら上下のセンサから出力される独立した信号の有無の組み合わせにより、入射した放射線の種類をその飛程の長短に基づいて識別する手段を有することを特徴とする放射線検出装置を提供する。

【0053】即ち、請求項1～8の構造を持つセンサを上下2層に密着させた構成とし、上下独立した信号の有無の組み合わせにより入射した放射線の種類を識別する装置を合わせ持つ。

【0054】本発明では、放射線の入射面側（上）を第1の層、その下を第2の層とする。第1の層は飛程の短い $\alpha$ 線が全エネルギーあるいはそれに近い量のエネルギーを失うときに必要な厚さとする。このため $\alpha$ 線が入射した場合には第1層のみが発光する。 $\beta$ 線は $\alpha$ 線より平均的に透過力が高いため第1の層でもエネルギーを一部

失いながら第2の層にも侵入し、この第2の層で残り全てのエネルギーを失う。第2の層の厚さは入射する $\beta$ 線が第1と第2の層で全エネルギーを失うように決定しておく。また光学的には第1の層と第2の層とを分離して、互いの層での発光の影響を受けないようにしておく。

【0055】この構成によれば、第1の層だけで信号が出力された場合、あるいはさらに条件を付加して大きな（一定波高値以上の）信号が検出された場合には $\alpha$ 線による信号、その他の場合には $\beta$ 線の信号として識別することが可能である。

【0056】請求項12の発明では、請求項1、2、4、5、6、7または8に記載の波長シフト型放射線センサを上下2層に密着させ、これらの各センサを構成する複数の波長シフトファイバの一部は上下2層のシンチレータいずれからの光も受光して蛍光変換できるように各シンチレータと接触する構成とし、この共通な波長シフトファイバからの検出信号と、上下の各センサから出力される独立した信号との有無の組み合わせにより、入射した放射線の種類をその飛程の長短に基づいて識別する手段を有することを特徴とする放射線検出装置を提供する。

【0057】即ち、請求項1、2、4、5、6、7、8で述べた作用により波長シフトファイバを装着した検出器を上下2層に密着させた構成とし、しかも使用している複数の波長シフトファイバの一部は上下2層のシンチレータいずれからの光も受光して蛍光変換できるようにシンチレータと接するように配置し、この共通化した部分からの検出信号と上下独立した信号の有無の組み合わせにより入射した放射線の種類を識別する装置を合わせ持つ。

【0058】この場合には請求項11と同様の考え方で第1の層と第2の層の厚さを決めることができる。請求項11では第1、第2の層で独立した集光、信号検出系を用いたが、ここでは、1層分のシンチレータに対して2組の波長シフトファイバあるいは波長シフトバーを備え、そのうちの片方は2つの層のシンチレータの両方と接するように配置されている。この共通の波長シフトファイバあるいは波長シフトバーで光が検出された時、残された2層の独立した波長シフトファイバあるいは波長シフトバーからの光の検出信号との同時性を調べ、同時性が成立した場合、該当する層で放射線が検出されたものとする。

【0059】この構成によれば、第1の層だけで信号が出力された場合、あるいはさらに条件を付加して大きな（一定波高値以上の）信号が検出された場合には $\alpha$ 線による信号、その他の場合には $\beta$ 線の信号として識別することが可能である。

【0060】請求項13の発明では、請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを用い

た放射線検出装置であって、シンチレータの放射線入射面側の表面に、荷電粒子との反応によって発光する層を光学的に密着させて形成し、光検出器からの出力信号を増幅する増幅手段と、増幅した信号を一定のしきい値を超える間だけ出力する比較手段と、この比較手段からの出力信号とその信号の遅延回路による遅延出力信号との同時性弁別により全放射線の計数値および放射線の種類毎の計数値を調べる手段を備えたことを特徴とする放射線検出装置を提供する。

【0061】即ち、請求項1～8で述べたセンサにおいて、シンチレータの放射線入射面側の表面に密着させて、荷電粒子と反応して発光する層を設け、出力信号を増幅し一定しきい値を超える間信号を出力する電圧比較回路の出力と、その信号を時間的に遅らせる遅延回路の遅延出力との同時性を調べる手段を備える機能を合わせ持つ。

【0062】請求項11、12の発明は $\alpha$ 、 $\beta$ 線の弁別を行うために2層の検出器構造としたが、本発明は基本構造は1層のみとし、その代わりにシンチレータの放射線入射面側に $\alpha$ 線に反応するシンチレータを塗布する。塗布する厚さは $\alpha$ 線が十分エネルギーを失うが、 $\beta$ 線は透過可能なように決める。塗布したシンチレータや母体となるシンチレータでの発光はいずれも波長シフトファイバ、あるいは波長シフトバーで蛍光変換される。このため光検出器の出力には2種類の発光による信号が混合された状態で観測されるが、シンチレータの種類を変えておくことで発光減衰時間に違いが出てくる。

【0063】光検出器の出力信号を一定範囲内の波高値まで増幅して、電圧比較器で論理出力に変換した場合、パルス幅には発光減衰時間に依りて長短ができる。パルス幅はある程度波高値にも依存するが、減衰時間の差が大きい場合には減衰時間がパルス幅を決める主要因となるため、パルス幅から減衰時間の長短を識別することができる。この識別により発光したシンチレータが分かり、塗布面での発光か母体シンチレータでの発光かが分かり、 $\alpha$ と $\beta$ 線の識別が可能である。

【0064】請求項14の発明では、請求項1から8までのいずれかに記載の波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフトファイバまたは波長シフトバーのシンチレータへの非接触面に、反射体に代えて他の平板状のシンチレータの周縁部を密着させたことを特徴とする波長シフト型放射線センサを提供する。

【0065】即ち、請求項1～8においてシンチレータに接していない面に設けた反射体の代わりに、別のシンチレータを密着させた構造を持つ。

【0066】本発明は、複数のシンチレータを合わせ、それらの境界および端面を波長シフトファイバもしくは波長シフトバーで構成し、受感面積を拡大した検出器である。

【0067】請求項15の発明では、請求項14記載の

波長シフト型放射線検出センサを用いた放射線検出装置であって、複数の光検出信号の内、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別する識別手段を備えたことを特徴とする放射線検出装置を提供する。

【0068】即ち、請求項14において2個を超える複数の光検出信号のうち、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別する装置を合わせ持つ。

【0069】本発明は、複数のシンチレータから構成されるにもかかわらず、全体をひとつのセンサとみなし、いずれかのシンチレータに放射線が入射した場合に信号を出力するようなロジックを使用する。

【0070】請求項16の発明では、請求項14記載の波長シフト型放射線検出センサを用いた放射線検出装置であって、複数の光検出信号のうち、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別するとともに、信号検出された波長シフトファイバの組み合わせにより、放射線が入射したシンチレータを識別する機能を有することを特徴とする放射線検出装置を提供する。

【0071】即ち、請求項14において2個を超える複数の光検出信号のうち、2系統以上の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別するとともに、信号検出された波長シフトファイバの組み合わせにより、放射線が入射したシンチレータを識別する機能を合わせ持つ。

【0072】本発明では、複数のシンチレータから構成される請求項15と同様の構造を持つが、全体をひとつの検出器としてはみなさず、個々のシンチレータに放射線が入射した場合にシンチレータ別に独立した信号を出力するようなロジックを使用する。

【0073】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0074】第1実施形態(図1～図6)

図1は本実施形態による波長シフト型放射線センサの全体構成を示す斜視図であり、図2はその側面図である。図3～図6はシンチレータと波長シフトファイバとの接続部の複数の異なる構成例を示す拡大図である。

【0075】本実施形態は請求項1に対応するものであり、図1および図2に示すように、四角形平板状のシンチレータ21と、このシンチレータ21の周縁部に光学的に密着して接続され、シンチレーション光を吸収して波長の長い光を放出する波長シフトファイバ22とを有する。そして、波長シフトファイバ22はシンチレータ

21の周縁部に沿って対称的に配置される複数のもので構成され、その各波長シフトファイバ22の長さ方向一端面に光検出器23が装着されるとともに、他端面に光をその波長シフトファイバ22内に戻すための反射体24が設けられている。波長シフトファイバ22の対シンチレータ非接触面である外側面と、波長シフトファイバ22の配備されないシンチレータ周縁の外表面とに、シンチレータの内側方に向かって光を反射する反射体22a, 25が設けられている。また、シンチレータ21の平坦な面に、屈折率がシンチレータ21に比べて小さい物質が配備され、さらにその面の外側に、シンチレータ21から出た光をそのシンチレータの内側方に反射するとともに外部からの光を遮ることができる反射・遮光材料26が被せてある。この反射・遮光材料26はシンチレータ21の少なくとも放射線入射側（上面側）で測定対象の放射線が透過可能である。

【0076】以上の第1実施形態において、シンチレータ21内で発生した光の半分以上は、シンチレータ21と空気との屈折率の違いにより、全反射モードでシンチレータ21内に捕獲される。捕獲されたシンチレーション光はシンチレータ21の周縁部の側面まで伝搬するため、側面で高密度のシンチレーション光が得られる。この側面の一部に1本あるいは複数本束ねた波長シフトファイバ22を2組配置してあることから、ここにシンチレーション光が照射されると、その結果波長シフトファイバ22の内部で蛍光変換が生じ、その蛍光は波長シフトファイバ22の中を全反射モードで捕獲され、ファイバ端面まで到達する。

【0077】シンチレータ21の周縁部の辺のなかで、波長シフトファイバ22を装着していない辺については、反射体25を設けておくことで、シンチレータ21内部に光が反射され、波長シフトファイバ22に遭遇する確率を高めることができる。

【0078】また、光検出器23の接続されていない波長シフトファイバ22の端面に装着される反射体24は、光検出器23に接続された片端に光を反射することで、集光量を増大させることができる。

【0079】また、波長シフトファイバ22のシンチレータ21に接していない部分に装着する反射体22aは、波長シフトファイバ22で吸収、蛍光変換されずに透過してしまったシンチレーション光を再度波長シフトファイバ22側に反射することで、蛍光変換効率を高めることができる。

【0080】さらに、シンチレータ21の表面を覆う反射・遮光材料26は外部から侵入する光を遮断するとともに放射線の入射窓ともなり、さらにシンチレータ21内で全反射されずに空气中に放射された光に対しても、シンチレータ21側に反射することで、波長シフトファイバ22に遭遇する確率を高めることができる。

【0081】詳述すると、本実施形態のセンサは、四角

形平板状のシンチレータ21の4辺のうち、2辺に波長シフトファイバ22を配置し、残る2辺には反射体が装着してあり、波長シフトファイバ22とシンチレータ21との境界は光学的に連続している。波長シフトファイバ22の端面に接続される光検出器23の取り付け位置は、シンチレータ21の対角位置とすることで、光学的な対称性が得られ、位置に依存しない感度を実現できる。

【0082】また、図2に示したように、センサの全体は反射・遮光材料26により覆われており、外部からの遮光の役割に加えて、シンチレータ21から放射された光をシンチレータ21側に戻し、波長シフトファイバ22に遭遇する確率を高める役割もあわせ持つ。

【0083】全体を覆う反射・遮光材料26は、シンチレータ21の上部側では放射線の入射窓でもあるため、透過力の弱い放射線を測定対象とする場合には透過可能な膜状のものとする必要がある。シンチレータ21の外周縁の側面や、波長シフトファイバ22の端面に装着する反射体25, 22aは、こういった膜厚等の制限はないため、乱反射体、鏡面反射体等の装着または塗布することにより構成できる。従って、反射体22a, 25はひとつのセンサの複数箇所に設けられるが、かならずしも同じ材料であるとはかぎらない。

【0084】また、波長シフトファイバ22に含まれる蛍光体の吸収波長は、最も効率の良い蛍光変換がなされるように、シンチレータ21の発光波長と適合したものを使用する。また波長のみならず、シンチレータ21の側面に集められた光を取りこぼしなく波長シフトファイバ22に遭遇させる幾何学条件も必要である。この実例を図3～図6に示している。

【0085】波長シフトファイバ22の断面形状としては、丸型、角型等が適用でき、また直径もさまざまであり、使用するシンチレータ21に応じて異なる装着方法が考えられる。以下、角、丸型には無関係に、波長シフトファイバ22の太さ（直径または1辺の長さ）とシンチレータの厚さとの相対関係から説明する。

【0086】図3の例では、シンチレータ21の厚さより波長シフトファイバ22が細い場合の例を示している。この場合、厚み部分全てを覆うように波長シフトファイバ22を装着することもできるが、これより少ない本数で集光することもできる。集光効率を高めるため複数本の波長シフトファイバ22を相互に密着させ、あるいは離間させて、シンチレータ21の側面に密着させる。波長シフトファイバ22のシンチレータ21に密着していない後方側には反射体24を装着しておき、吸収を逃れた光を再度戻すことで蛍光変換効率を高める。反射体24と波長シフトファイバ22の間には、波長シフトファイバ22の構成材料と屈折率の類似した透明媒質27を充填しておく。

【0087】図4の例では、シンチレータ21の厚さと

波長シフトファイバ22との太さが同じで波長シフトファイバ22を1本としている。図5の例では、図4の例と同様の波長シフトファイバ22を横方向に複数本並べて装着してある。これらの場合も波長シフトファイバ22の後方には反射体22を装着しておく。

【0088】図6の例では、シンチレータ21の厚さに対し、波長シフトファイバ22の太さが大きい場合であり、複数本束ねた結果、実効的な波長シフトファイバ22の厚さがシンチレータ21の厚さを超える構成としてある。勿論、図示しないが1本の波長シフトファイバ22でシンチレータ21の厚さを超えるものとしてもよい。

#### 【0089】第2実施形態（図7）

本実施形態は請求項2の発明に対応するものである。

【0090】本実施形態が第1実施形態と異なる点は、波長シフトファイバ22は2本以上とし、それらによりシンチレータ21の全周縁全体を包囲する点にある。各波長シフトファイバ22の長さ方向一端面には、それぞれ光検出器23が装着されるとともに、他端面には光をその波長シフトファイバ22内に戻すための反射体24が設けられている。また、波長シフトファイバ22の対シンチレータ非接触の外側面には、シンチレータ21の内側方に向かって光を反射する反射体22aが設けられている。なお、本実施形態ではシンチレータの全周囲に波長シフトファイバ22が設けてあるので、シンチレータ21の周縁には反射面が設けられていない。その他の点は第1実施形態と略同様である。なお、図7においては、シンチレータ21の平坦な面を覆う反射・遮光材料（図1、2の26）の図示を省略してある。この点は以下の各実施形態でも同様である。

【0091】即ち、第2実施形態においては、1本ずつ、あるいは複数本ずつ束ねた2組の波長シフトファイバ22を使用して、シンチレータ21の全周縁に2組の波長シフトファイバ22が接するようにし、波長シフトされていない側面がないようにしてある。なお、四角形状のシンチレータ21の2つの角部は波長シフトファイバ22の許容曲げ半径以上の曲率で丸めてあり、波長シフトファイバ22を配置している。

【0092】このような第2実施形態によっても、第1実施形態と同様の作用効果が奏される。なお、1組の波長シフトファイバ22が2辺を占めることになるが、光検出器23を対角位置側に装着することで、光学的な対称性が達成できるため、良好な感度と、その一様性が得られる。

#### 【0093】第3実施形態（図8）

本実施形態は請求項3の発明に対応するものである。

【0094】本実施形態が第1、第2実施形態と異なる点は、波長シフトファイバ22を1本として、それによりシンチレータ21の周縁全体を包囲するものとした点、および波長シフトファイバ22の長さ方向両端面に共に

光検出器23を装着した点にある。

【0095】即ち、本実施形態は、四角形のシンチレータ21の4つの角部を波長シフトファイバ22の許容曲げ半径以上の曲率の円形とし、1本（あるいは複数本を束ねた1組）の波長シフトファイバ22を平板状シンチレータ21の全周に接するように一周させて配置したものである。このため、光検出器23は1組の波長シフトファイバ22の両端にそれぞれ装着され、第1、第2実施形態のような片端での反射処置は不要となっている。

【0096】本実施形態によれば、波長シフトファイバ22のいずれかの部分で発生した蛍光が高い確率で両端に到達し、これを検出することができる。また、シンチレータ21内を伝播して波長シフトファイバ22の至るところに光が到達することで、複数箇所での蛍光変換が生じる確率もある。これらは極めて短い時間に発生するため、光の総量が高められ、その結果、一様で高い感度が得られる。

#### 【0097】第4実施形態（図9）

本実施形態は請求項4の発明に対応するものである。

【0098】本実施形態が第1～第3実施形態と異なる点は、波長シフトファイバ22は2本として、四角板状のシンチレータ21の周縁の対向する2つの辺に配置し、その各波長シフトファイバ22の長さ方向両端面にそれぞれ光検出器23を装着し、波長シフトファイバ22の対シンチレータ非接触の外側面と、波長シフトファイバ22の配備されないシンチレータ21周縁の辺の外表面とに、シンチレータ21の内側方に向かって光を反射する反射体22a、24を設けた点にある。

【0099】即ち、本実施形態は、1本（あるいは複数本を束ねた2組）の波長シフトファイバ22を使用するものであり、第1実施形態と同様に、シンチレータ21に対して波長シフトファイバ22を配置するが、2組の波長シフトファイバ22の両端にそれぞれ2つ、合計4個の光検出器を装着し、直接光を検出するものである。他の構成および機能については、第1実施形態と略同様である。

【0100】本実施形態によれば、波長シフトファイバ22の両端に光検出器23を装着することで、光量を増大させながら光学的な対称性が達成できるため感度と一様性を更に高めることができる。

#### 【0101】第5実施形態（図10）

本実施形態は請求項6の発明に対応するものである。

【0102】本実施形態が前記各実施形態と異なる点は、シンチレータを多角形、例えば四角形とし、そのシンチレータ21の各縁辺毎に波長シフトファイバ22をそれぞれ配置し、その各波長シフトファイバ22の長さ方向一端面にそれぞれ光検出器23を装着するとともに他端面に光をその波長シフトファイバ22内に戻すための反射体24をそれぞれ設けた点にある。

【0103】特に本実施形態では、各光検出器23が四

角形状のシンチレータ 21 の各コーナ位置に配置され、光学的な対称特性が達成できるようになっている。他の構成については、前記各実施形態と略同様である。

【0104】本実施形態によれば、例えば四角形のシンチレータ 21 の 4 辺すべてに波長シフトファイバ 22 を装着することにより、第 3 実施形態と同様に高い感度が得られるとともにそれぞれの光検出器 23 はシンチレータ 21 の各コーナに 1 個ずつ配置される位置関係とすることで、光学的な対称性性が達成でき、それにより良好な感度およびその一様性が図られる。

#### 【0105】第 6 実施形態 (図 11 ~ 図 13)

本実施形態は請求項 6 の発明に対応するものである。波長シフト型放射線センサにおいて、波長シフトファイバ 22 と光検出器 23 とが、透明な光ファイバ、ライトガイド、またはライトパイプからなる光伝送用の手段によって接続されている。そして、光検出器 23 は波長シフトファイバ 22 からの光信号を個々に受ける独立した構成、または一括して受ける共通な構成とされている。

【0106】即ち、前記の各実施形態では、光検出器 23 は波長シフトファイバ 22 の端面に直接装着されている。しかしながら、センサの厚みや設置スペース等の制限、あるいは光検出器 23 を何かの理由により放射線感応部から離す必要がある場合には、光検出器 23 と波長シフトファイバ 22 との間に光伝送路となる手段を介入させることが有効である。

【0107】図 11 ~ 図 13 は、波長シフトファイバ 22 と光検出器 23 との間に介在する伝送用光ファイバの接続構造を各種示している。

【0108】図 11 の例は、同一仕様の波長シフトファイバ 22 と伝送用ファイバ 28 とを接続したものであり、これらは同一の屈折率、開口数を有する。なお、同一またはそれ以上のコア径を持つ伝送用光ファイバ 28 の場合には、最も低損失の接続が可能である。全く同一の仕様のものが得られない場合は、その近傍の値を持つものも使用できる。

【0109】また、図 12 の例は、複数本の波長シフトファイバ 22 を使用する場合は、伝送用光ファイバ 28 と 1 対 1 で結合させたものである。

【0110】図 13 の例は波長シフトファイバ 22 のコア径より太い伝送用光ファイバ 28 を使用する場合であり、複数本の波長シフトファイバ 22 をまとめて太径の伝送用光ファイバ 28 に接続させてある。

【0111】図 14 ~ 図 16 は、伝送用光ファイバ 28 と光検出器 23 との接続構成を示している。

【0112】図 14 は、波長シフトファイバ 22 の端面と光検出器 23 の受光部 29 とが 1 対 1 で接続された場合を示し、図 15 は複数本の伝送用光ファイバ 28 をまとめて 1 つの光検出器 23 の受光部 29 に接続する場合を示している。

【0113】検出される信号の相互の時間同時性を検証

するような測定の場合には、2 系統以上の光検出器 23 の出力が必要となるが、信号とノイズとの区別を光量で行う場合には、光検出器 23 の出力は最低 1 系統でも処理が可能であるため、複数本の伝送用光ファイバ 28 をまとめて光量を増大させることが有効である。

【0114】図 16 は、1 つの光検出器 23 の中でも複数の受光部 29 を持つ場合を示している。即ち、光検出器 23 は内部に複数個相当の光検出器エレメントを組み込んでいたり (マルチアノード光電子増倍管)、受光部自体が位置検出が可能 (位置検出型光電子増倍管) であったりする。このような光検出器を利用する場合、1 つの光検出器 23 の複数の受光部 29 に、それぞれ伝送用光ファイバ 28 を接続すれば、機能、作用面では図 14 の場合と同等であるが、接続する光検出器 23 の台数を少なくすることができ、装置のコンパクト化等に有効である。

#### 【0115】第 7 実施形態 (図 17, 18)

本実施形態は、前記各実施形態の波長シフトファイバ 22 に代えて、その波長シフトファイバ 22 と同等の蛍光機能を有する角柱状 (図 17) または円柱状 (図 18) の透明樹脂あるいはガラスからなる波長シフトバー 30 を備えた波長シフト型放射線センサについてのものである。

【0116】即ち、波長シフトファイバ 22 はコアに対して 1 つ以上のクラッド層を有するが、クラッド層を周囲の空気で代替させたクラッドなしのファイバ、また蛍光体 (波長シフタ) を樹脂やガラスで固定または固化してライトガイド、ライトパイプ状に加工した波長シフトバー 30 を、波長シフトファイバ 22 の代わりとして使用することができる。

【0117】このような波長シフトバー 30 はコアだけの状態、すなわち樹脂やガラス中に波長シフタとなる蛍光体を入れたものを円柱、角柱、板状に加工したものである。これらはファイバと異なり、任意の太さ、厚さ、形状に加工できるため蛍光変換に必要な充分な厚みを簡単に与えることができる。ただし、クラディングがないため周囲は空気層とする工夫が必要である。また、太くなる場合には可とう性は失われるため、可とう性が無い状態でも可能な配置で使用する事が望ましい。

【0118】なお、図 17, 18 の例ではシンチレータ 21 の側面に波長シフトバー 30 を装着し、そのまわりに反射体 24 を配置したセンサの部分的な構造を示す。波長シフトバー 30 を使用する場合には、全反射条件を成立させるため周囲に空気層の存在が必要である。しかしながら、シンチレータ 21 から入射する光は波長シフトバー 30 に密着している方が入射しやすい。この相反する条件を解決するために、波長シフトバー 30 をシンチレータ 21 の厚みよりも大きく (太く)、かつ、シンチレータ 21 側から侵入した光のほとんど全てを吸収するのに必要な厚さをもつ角柱、あるいは円柱とするのが効果的

である。角柱は円柱に比べて内部で発生した蛍光の捕獲効率が高いためより効率のよい集光ができる。

【0119】シンチレータ21と波長シフトバー30とは空気を境界として接するか、あるいは波長シフトバー30の太さおよび直径が明らかにシンチレータ21の厚みより大きい場合には密着して接合しても良い。空気を境界として接する場合には、波長シフトバー30の一部に溝状の切り込みを入れて接着剤等を使わずに溝部分にシンチレータ21を挟み込む等の組み合わせも可能である。

【0120】波長シフトバー30は太い場合には可とう性はないが、クラディングに相当する空気との屈折率の差が大きいため、捕獲効率が高く集光量が多い。このため第1、4、5実施形態で述べた波長シフトファイバ22を曲げて配置する必要のないセンサについては、波長シフトファイバ22の代わりとして効果的に適用することができる。

#### 【0121】第8実施形態(図19)

本実施形態は波長シフトファイバ22と同等の蛍光機能を有する角柱状または円柱状の透明樹脂あるいはガラスからなる波長シフトバー30を備え、この波長シフトバー30は2箇所からの光を合流させて光検出器23に導く構成となっている。

【0122】図19に示す例では、波長シフトバー30を2本の本物が出会う形状に予め加工して、シンチレータ21の4辺にこの波長シフトバー30の2組を装着しておき、合流部に光検出器23をそれぞれ装着する構成となっている。

【0123】本実施形態の構成によれば、集光量が高く、しかも光学的対称性を兼ね備えたセンサが実現できる。

#### 【0124】第9実施形態(図20、21)

本実施形態は、前述した第1～第8実施形態のいずれかに記載の波長シフト型放射線センサを用いた放射線検出装置であり、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出された場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別する識別手段を備えたものである。

【0125】即ち、本実施形態の装置では、例えば2系統の光検出器から出力される信号を同時計数装置に取り込み、その信号の同時性のあるものは放射線による信号であり、同時性がないものはランダムに発生している光検出器23や回路のノイズとして識別するものである。

【0126】図20に示した装置は、前述した光検出器23からノイズであれ放射線によるパルスであれ、信号が出力したことを検出して論理信号A、Bを出力する信号検出装置31と、2系統以上の論理信号A、Bの論理積をとることで同時性を検証する同時計数装置32と、その出力を計数する計数装置33とを備えて構成される。

【0127】また、図21に示した装置は、4個の光検

出器23を使用する場合の構成を示している。図20のものと同様に、信号検出装置31と、同時計数装置32と、計数装置33とを備え、同時計数装置9には4つの論理信号A、B、C、Dの入力がなされる。この場合、論理演算の種類としては4信号A、B、C、Dのうち、いずれか2つ、いずれか3つ、4つ全ての同時計数の成立というような選択肢がある。そこで、ノイズが弁別でき、放射線による信号の高い検出確率を達成するためには、通常の場合、いずれか2つの同時計数の成立という条件が適当である。光検出器23のノイズ計数率が高い場合等には、3つ同時、4つ同時という論理演算が有効な場合もあり得る。いずれの場合でも、この論理演算出力を計数装置13で計数することで、高精度の放射線検出が行える。

#### 【0128】第10実施形態(図22)

本実施形態は、前記の波長シフト型放射線センサを用いた放射線検出装置であって、各光検出器の出力信号のパルス波高値としきい値となる参照電圧値とを比較する比較手段と、しきい値以下の信号はノイズとみなし、しきい値を超える信号は放射線検出信号として識別する識別手段を備えたものである。

【0129】即ち、図22に示すように、各光検出器の出力パルス信号は増幅装置34で必要なレベルまで電圧増幅され、電圧パルス出力が得られる。この信号Vが比較手段としての比較装置35に入力され、参照電圧Vrefと比較される。パルス波高値がVrefより大きい間だけ、論理出力がなされ、これにより識別手段としての機能が果される。そして、この論理出力が計数装置36によって計数する。

【0130】Vrefを、光検出器および回路ノイズのレベルより僅かに高く設定しておくことで、これを超える信号はすべて放射線による信号とみなすことができる。

【0131】波長シフトファイバ22の出力を伝送用光ファイバ28でまとめて1つの光検出器3に導くような場合には、同時性を検証できないが、逆に全ての光出力を加算するため大きな信号が得られる。従って、本実施形態はこのような構成の場合に特に有効な手段として適用することができる。

#### 【0132】第11実施形態(図23、24)

本実施形態は、前述した波長シフト型放射線センサを上2層に密着させ、これら上下のセンサから出力される独立した信号の有無の組み合わせにより、入射した放射線の種類をその飛程の長短に基づいて識別する手段を有する放射線検出装置についてのものである。

【0133】即ち、図23に示すように、シンチレータ21が2層備えられ、その各シンチレータ21に波長シフトファイバ22が第1～第5実施形態のいずれかの方式で独立して装着されている。

【0134】このように、放射線の入射面側(上側)のセンサを第1の層(U)、その下側のセンサを第2の層

(L)とした場合、第1の層(U)は飛程の短い $\alpha$ 線が全エネルギーあるいはそれに近い量のエネルギーを失うときに必要な厚さとする。このため $\alpha$ 線が入射した場合には第1層(U)のみが発光する。 $\beta$ 線は $\alpha$ 線より平均的に透過力が高いため第1の層(U)でもエネルギーを一部失いながら第2の層(L)にも侵入し、この第2の層(L)で残り全てのエネルギーを失う。第2の層

(L)の厚さは入射する $\beta$ 線が第1と第2の層で全エネルギーを失うように決定しておく。また光学的には第1の層と第2の層とを分離して、互いの層での発光の影響を受けないようにしておく。

【0135】この構成によれば、第1の層だけで信号が出力された場合、あるいはさらに条件を付加して大きな(一定波高値以上の)信号が検出された場合には $\alpha$ 線による信号、その他の場合には $\beta$ 線の信号として識別することが可能である。

【0136】図24は上段のセンサをU、下段のセンサをLと表現した場合の、信号検出有り(T)、検出無し(F)の状態の組み合わせの真理値表である。4つの組み合わせに状態として番号の0~4を割り振り、この中で何らかの信号検出がなされた1~3場合の判定を考える。状態1の場合は $\alpha$ 線入射、状態2、3の場合には $\beta$ 線入射として識別することができる。

【0137】状態1として、想定したエネルギーを下回る $\beta$ 線が入射する場合も考えられる場合には、上段(U)での波高値を識別し、波高値が一定以上の信号を有する場合 $\alpha$ 線、それに満たない小さな信号は $\beta$ 線という識別方法を付加することも有効である。

【0138】第12実施形態(図25)

本実施形態は前記第11実施形態の変形例であり、上下2層に密着した各センサを構成する複数の波長シフトファイバの一部は上下2層のシンチレータいずれからの光も受光して蛍光変換できるように各シンチレータと接触する構成とし、この共通な波長シフトファイバからの検出信号と、上下の各センサから出力される独立した信号との有無の組み合わせにより、入射した放射線の種類とその飛程の長短に基づいて識別する手段を有する構成の放射線検出装置についてのものである。

【0139】図25に示すように、波長シフトファイバ22(波長シフトバー30でもよい)が1部上下段共通であり(22A)、残る片方が独立とされている(22B)。

【0140】この場合には第11実施形態と同様の考え方で第1の層(U)と第2の層(L)の厚さを決めることができる。即ち、1層分のシンチレータ21に対して2組の波長シフトファイバ22を備え、そのうち片方は2つの層のシンチレータの両方と接するように配置されているので、この共通の波長シフトファイバあるいは波長シフトバーで光が検出された時、残された2層の独立した波長シフトファイバあるいは波長シフトバーからの

光の検出信号との同時性を調べ、同時性が成立した場合、該当する層で放射線が検出されたものと考えられる。

【0141】この構成によれば、第1の層(U)だけで信号が出力された場合、あるいはさらに条件を付加して大きな(一定波高値以上の)信号が検出された場合には $\alpha$ 線による信号、その他の場合には $\beta$ 線の信号として識別することが可能である。つまり、共通側と上段側の同時計数があった場合、上段での信号検出とみなし、図24でいうU(上段)がTと考える。このようにすると、線種判定ロジックは第11実施形態と同様となる。

【0142】状態1として、想定したエネルギーを下回る $\beta$ 線が入射する場合も考えられる場合には、上段(U)のみ独立して配置されている系統から得られる信号の波高値を識別し、波高値が一定以上の信号を有する場合 $\alpha$ 線、それに満たない小さな信号は $\beta$ 線という識別方法を付加することも有効である。

【0143】第13実施形態(図26~図28)

本実施形態は、シンチレータの放射線入射面側の表面に、荷電粒子との反応によって発光する層を光学的に密着させて形成し、光検出器からの出力信号を増幅する増幅手段と、増幅した信号を一定のしきい値を超える間だけ出力する比較手段と、この比較手段からの出力信号とその信号の遅延回路による遅延出力信号との同時性弁別により全放射線の計数値および放射線の種類毎の計数値を調べる手段を備えた放射線検出装置についてのものである。

【0144】図26、27、28に基づいて説明する。シンチレータ21に波長シフトファイバ22がこれまで述べてきたいずれかの方式で装着されているものとする。シンチレータ21には発光減衰時間の極めて短い(10ns)プラスチックシンチレータを適用し、その放射線入射面には荷電粒子検出用として、例えば $\alpha$ 線等で発光し、かつ発光減衰時間の極端に長いシンチレータ21A、例えばZnS(Ag)(発光減衰時間10 $\mu$ s)を塗布しておく。 $\alpha$ 線が入射した場合はこのZnS(Ag)層のシンチレータ21Aで発光し、 $\beta$ 線や $\gamma$ 線が入射した場合にはプラスチックシンチレータ21で発光するようになっている。

【0145】波長シフトファイバ22からの光はまとめて最大限の光量で光検出器23に送り込まれる。増幅装置34により、波高値が一定範囲の電圧レベルになるように増幅される。ここで増幅装置34のゲインは小さな信号に対しては大きく、大きな信号に対しては小さくはたらくような動作をするものであり、結果的に出力信号は一定範囲内のパルス波高を持った信号aとなる。この信号aを比較装置35に入力し、参照電圧値を超える間だけ論理出力bを得る。この論理出力パルスのパルス幅は波高値がほぼ一定範囲内にあるため、プラスチックシンチレータからの光によるものは短く、ZnS(Ag)



からの光によるものは著しく長い。

【0146】そこで、図27に示すように、パルス幅識別装置37により論理出力パルス(b)と、これを遅延装置37を介して時間Tdだけ遅らせたもの(c)との論理積を弁別装置39でとる。この時のタイミングチャートを示したものが図28である。

【0147】図28において、遅れ時間Tdはプラスチックシンチレータの減衰時間(10ns)より大きくZnS(Ag)のそれより小さい値とする。もしパルス幅が短い場合、遅延したパルスとの論理積はFALSEであるが、幅の広いパルスである場合は論理積出力はTRUEとなる。

【0148】従って、比較装置35の出力を計数しておき、この論理積出力をα線計数値として差し引くことで、全計数、α線、β線の計数値が得られる。パルスの立ち上がり時間弁別の専用回路は従来から実用化されてはいたが、複雑かつ高価であり、しかも充分な光量を持つパルスにしか適用できなかった。

【0149】しかしながら本実施形態においては、目的が2種類の大きく異なる立ち上がり時間を持つパルスの弁別をするだけであるため、このような極めて簡素な回路構成の装置により弁別が可能になる。

#### 【0150】第14実施形態(図29～図31)

本実施形態は、波長シフトファイバまたは波長シフトバーのシンチレータへの非接触面に、反射体に代えて他の平板状のシンチレータの周縁部を密着させた波長シフト型放射線センサについてのものである。即ち、複数のシンチレータ21を合わせ、それらの境界および端面を波長シフトファイバ22(もしくは波長シフトバー30)で構成し、受感面積を拡大してある。

【0151】図29に示したように、長方形の平板状シンチレータ1を3枚接合し、それらの間に波長シフトファイバ22を挟み込み込むとともに両側の2辺にも装着する。各波長シフトファイバ22の片端には反射体24を、もう片方の端面には光検出器23を装着する。光検出器23をこの場合4個(a, b, c, d)使用し、相対する位置にそれぞれ装着するようにすることで光学的対称性を得る。

【0152】場合によっては、図中破線で示すようにさらにシンチレータ1を分割し、縦方向にも波長シフトファイバ22を挟み込み、それらに別に4個の光検出器23(e, f, g, h)を設ける構成とすることもできる。このようにして、必要とする受感面積分、この構造を拡張していくことができる。これによれば感度と、その位置依存性を損なうことなく大面積化が可能である。図30および図31に示すように、この場合にも波長シフトファイバ22と光検出器23の間を伝送用光ファイバ30で接続することが可能である。特に大型の検出器では重量が重くなるため電子回路を遠隔化するメリットは大きい。

#### 【0153】第15実施形態(図32, 33)

本実施形態は、第14実施形態の波長シフト型放射線検出センサを用いた放射線検出装置であって、複数の光検出信号のうち、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別する識別手段を備えた放射線検出装置についてのものである。

【0154】本実施形態では複数のシンチレータ21から構成されるにもかかわらず、全体をひとつのセンサとみなし、いずれかのシンチレータ21に放射線が入射した場合に信号を出力するようなロジックを使用する。

【0155】即ち、図32に示したように、本実施形態では識別手段としての論理演算装置40および計数装置41を備え、センサ中で、光検出器23がa, b, c, d部分相当からの光をそれぞれ観測している場合に、隣合う2つの波長シフトファイバ21の論理積の和を識別し、計数するものである。

【0156】図33は、論理演算装置40で、隣合う3つの論理積の和を識別するものである。

【0157】このように、論理装置40を使用することで、複数のシンチレータ21を組み合わせた状態でも、全面があたかも連続した1つの面と考えた測定が行える。

#### 【0158】第16実施形態(図34, 35)

本実施形態は、第14実施形態の波長シフト型放射線検出センサを用い、複数の光検出信号のうち、2系統の光検出器から得られる検出信号が同時に検出される場合に放射線による信号とみなし、それ以外の信号を光検出器のノイズ等の信号として識別するとともに、信号検出された波長シフトファイバの組み合わせにより、放射線が入射したシンチレータを識別する機能を有する放射線検出装置についてのものである。

【0159】本実施形態では、複数のシンチレータ21から構成されるセンサについて、全体をひとつの検出器としてはみなさず、個々のシンチレータに放射線が入射した場合にシンチレータ別に独立した信号を出力するようなロジックを使用する。

【0160】即ち、図34および図35に示すように、本実施形態では論理演算装置41を備え、光検出器23がa, b, c, d, e, f, g, h部分相当からの光をそれぞれ観測している場合に、分割された1つのシンチレータ21の周囲の光検出器23が同時計数した場合には、その当該面での信号であると認識し、シンチレータ21の分割数と同数の独立した位置別信号として、放射線の入射位置の識別をすることができる。

#### 【0161】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、小型で薄く軽量であり、しかも光学的に対称とすることで感度が高く、その位置依存性が小さい放射線、特にβ線の検



出装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による波長シフト型放射線センサを示す斜視図。

【図 2】図 1 に示す波長シフト型放射線センサの側面図。

【図 3】前記第 1 実施形態における波長シフトファイバ部の一構成例を示す拡大図。

【図 4】前記第 1 実施形態における波長シフトファイバ部の他の構成例を示す拡大図。

【図 5】前記第 1 実施形態における波長シフトファイバ部のさらに他の構成例を示す拡大図。

【図 6】前記第 1 実施形態における波長シフトファイバ部の別の構成例を示す拡大図。

【図 7】本発明の第 2 実施形態における波長シフト型放射線センサを示す斜視図。

【図 8】本発明の第 3 実施形態における波長シフト型放射線センサを示す斜視図。

【図 9】本発明の第 4 実施形態における波長シフト型放射線センサを示す斜視図。

【図 1 0】本発明の第 5 実施形態における波長シフト型放射線センサを示す斜視図。

【図 1 1】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 6 実施形態としてのファイバ接続構造の一例を示す図。

【図 1 2】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 6 実施形態としてのファイバ接続構造の他の例を示す図。

【図 1 3】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 6 実施形態としてのファイバ接続構造の別の例を示す図。

【図 1 4】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 6 実施形態としてのファイバと光検出器との接続構造の一例を示す図。

【図 1 5】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 6 実施形態としてのファイバと光検出器との接続構造の他の例を示す図。

【図 1 6】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 6 実施形態としてのファイバと光検出器との接続構造の別の例を示す図。

【図 1 7】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 7 実施形態としての波長シフトバーの接続構造の一例を示す図。

【図 1 8】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 7 実施形態としての波長シフトバーの接続構造の他の例を示す図。

【図 1 9】本発明に係る波長シフト型放射線センサの第 8 実施形態としての波長シフトバーの接続構造を示す図。

【図 2 0】本発明に係る放射線検出装置についての第 9 実施形態の一構成例を示す図。

【図 2 1】本発明に係る放射線検出装置についての第 9 実施形態の他の構成例を示す図。

【図 2 2】本発明に係る放射線検出装置についての第 1 0 実施形態を示す系統図。

【図 2 3】本発明に係る放射線検出装置についての第 1 1 実施形態を示す構成図。

【図 2 4】図 2 3 に示す系統の作用説明図。

【図 2 5】本発明に係る放射線検出装置についての第 1 2 実施形態を示す構成図。

【図 2 6】本発明に係る放射線検出装置についての第 1 3 実施形態を示す系統図。

【図 2 7】図 2 6 の信号系統の続きを示す図。

【図 2 8】図 2 5 および図 2 6 に示した系統の作用説明図。

【図 2 9】本発明に係る波長シフト型放射線センサについての第 1 4 実施形態を示す構成図。

【図 3 0】図 2 9 のファイバ接続構造を示す図。

【図 3 1】図 2 9 のファイバ接続構造を示す図。

【図 3 2】本発明に係る放射線検出装置についての第 1 5 実施形態による一系統例を示す図。

【図 3 3】本発明に係る放射線検出装置についての第 1 5 実施形態による他の系統例を示す図。

【図 3 4】本発明に係る放射線検出装置についての第 1 6 実施形態による一系統例を示す図。

【図 3 5】本発明に係る放射線検出装置についての第 1 6 実施形態による他の系統例を示す図。

【図 3 6】従来の一構成例を示す図。

【図 3 7】従来他の構成例を示す図。

【図 3 8】従来別の構成例を示す図。

【図 3 9】従来さらに別の構成例を示す図。

【図 4 0】従来例の使用状態を説明するための図。

【符号の説明】

2 1 シンチレータ

2 2 波長シフトファイバ

2 2 a, 2 4, 2 5 反射体

2 3 光検出器

2 6 反射・遮光材料

2 7 透明媒質

2 8 伝送用光ファイバ

2 9 受光部

3 0 波長シフトバー

3 1 信号検出装置

3 2 同時計数装置

3 3 計数装置

3 4 増幅装置

3 5 比較装置

3 6 計数装置

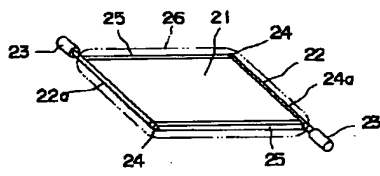
3 7 パルス幅識別装置

3 9 弁別装置

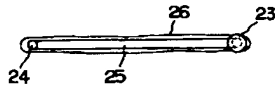
50 4 0 論理演算装置

4 1 計数装置

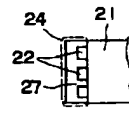
【図1】



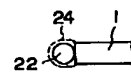
【図2】



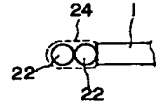
【図3】



【図4】

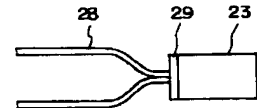
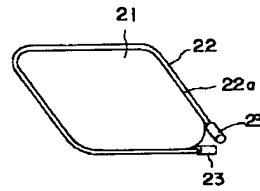


【図5】

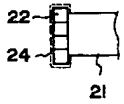


【図15】

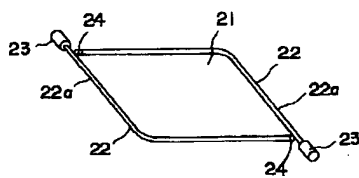
【図8】



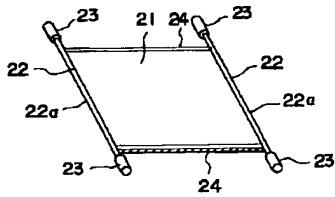
【図6】



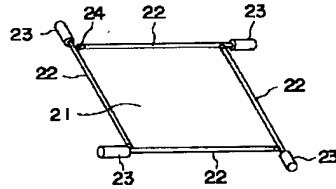
【図7】



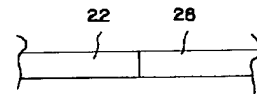
【図9】



【図10】

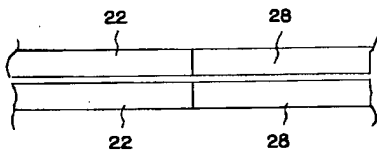


【図11】

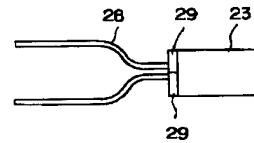
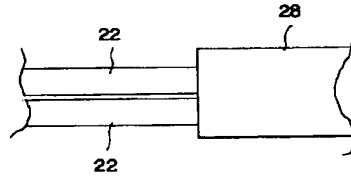


【図16】

【図12】

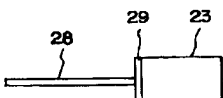


【図13】

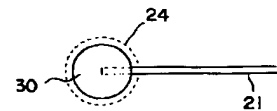
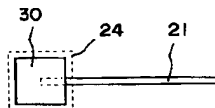


【図18】

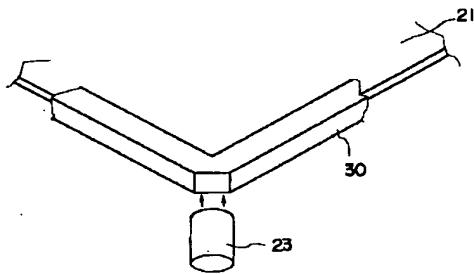
【図14】



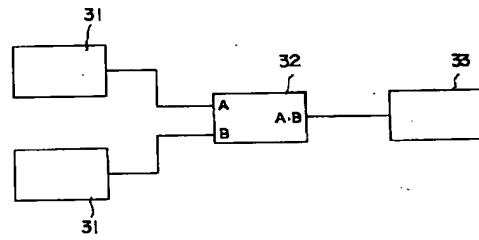
【図17】



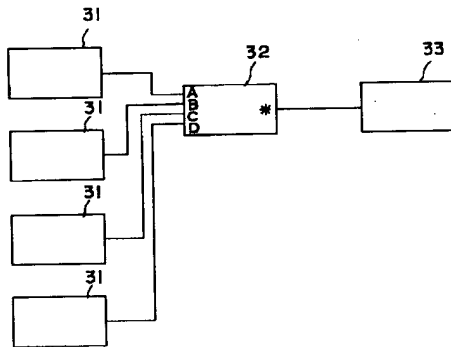
【図19】



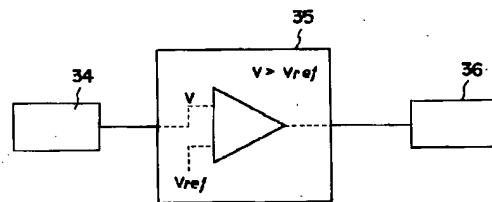
【図20】



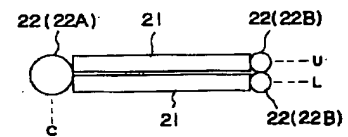
【図21】



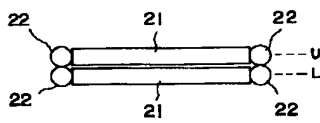
【図22】



【図25】



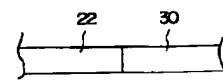
【図23】



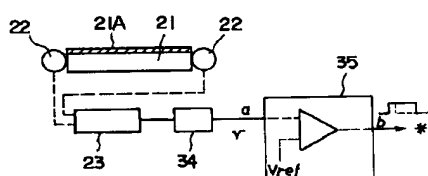
【図24】

状態	0	1	2	3
U	F	T	F	T
L	F	F	T	T
判定	—	$\alpha$	$\beta$	$\beta$

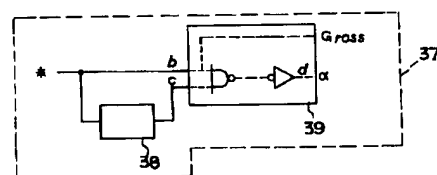
【図31】



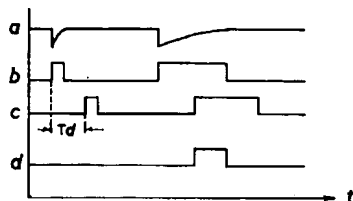
【図26】



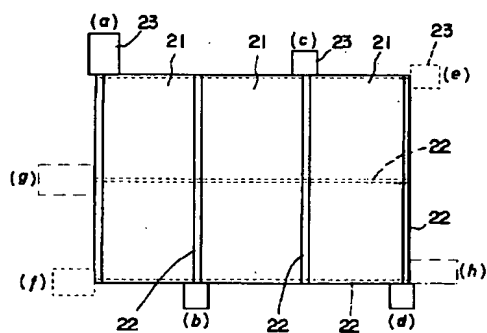
【図27】



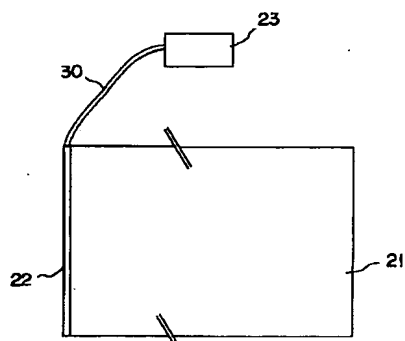
【図28】



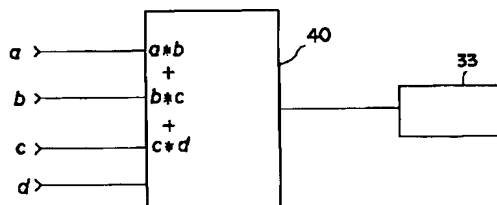
【図29】



【図30】



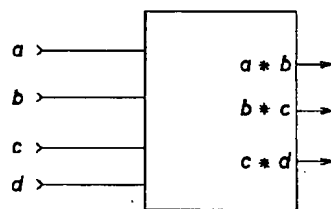
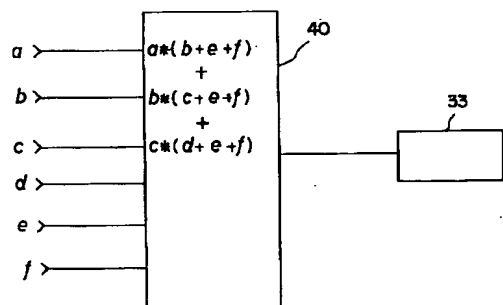
【図32】



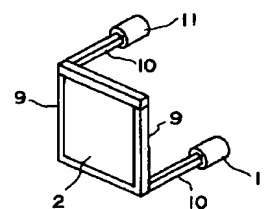
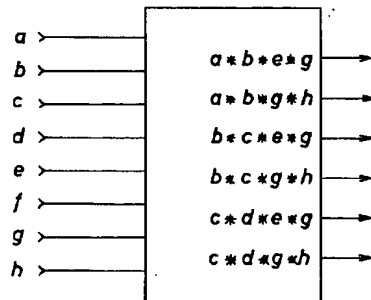
【図34】

【図39】

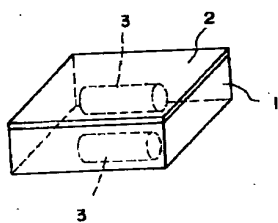
【図33】



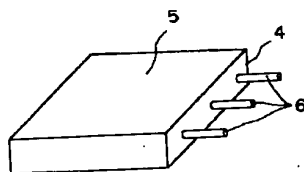
【図35】



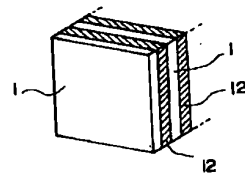
【図36】



【図37】



【図40】



【図38】

